سلسلة : الثقافة الرياضية
إشراف أ. د زكى محمد محمد حسن
أ.د أحمد أمين فوزي
العدد (٩)

حركة جسم الإنسان
في
الوسط المائع

الأستاذ الدكتور
عادل عبد البصير علي
أستاذ الميكانيكا الحيوية و العميد المؤسس لكلية التربية الرياضية ببور فؤاد ببور سعيد
جامعة قناة السويس

٢٠٠٤

المكتبة المصرية
للطباعة والنشر والتوزيع
٣ ش احمد ذو الفقار – لوران الإسكندرية
تليفاكس ٠٠٢/٠٣/٥٨٤٠٢٩٨
محمول ٠١٢٤٦٨٦٠٤٩

جميع الحقوق محفوظة
للناشر

بسم الله الرحمن الرحيم

حركة جسم الإنسان في الوسط المانع
Human Movement in afliud Meduem

الأهداف Subjectives

١- شرح الطرق التي فيها تؤثر خصائص تدفق المانع علي قوي المانع.

٢- تعريف وشرح الطفو والعوامل المحددة بينما يطفو جسم الإنسان.

٣- تعـــريف المقاومة وتحديد مركباتها والعوامل التي تؤثر علي مقدار كل مركبة.

٤- تعريف الرفع وشرح الطرائق التي فيها يمكن توليد الرفع.

٥- مناقشة النظريات فيما يتعلق بإعداد جسم الإنسان في السباحة.

لمــــاذا هـــناك توجـــد نقرات علي كرة الجولف؟ لماذا بعض الأفراد يمكنهم الطفو بينما البعض الأخر لا يمكنهم؟ لماذا لاعبي الدرجات، السباحين وواثـــب الانـــزلاق علي الجليد والمنزلقين مهتمين بإنسياب أجسامهم خلال المسابقة؟

كـــلا الماء والهواء وسط مائع والذي يبذل قوى علي حركة الأجسام خلالها. بعض هذه القوي يندرج ببطئ علي حركة الجسم وبعضها مساعد أو معوق. الفهم العام لأفعال قوي الموائع علي حركة أنشطة جسم الإنسان مكون هـــام لدراسة بيوميكانيكية حركة جسم الإنسان. هذه الدراسة تقدم شرح تأثير قوي الموائع علي كلا جسم الإنسان وحركة المقذوف.

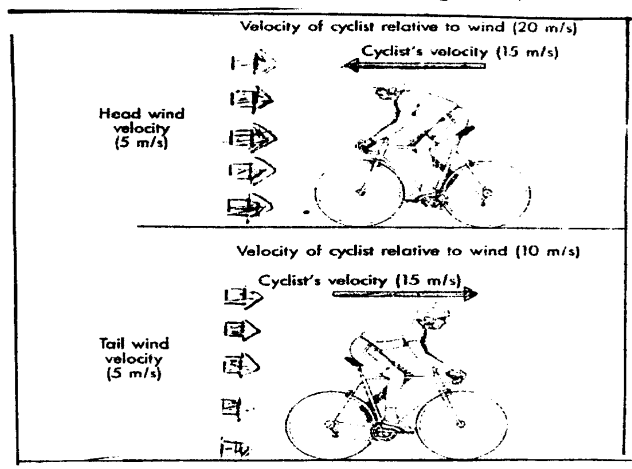
* طبيعة الموائع The nature of fluids

يستخدم أيضا في مناقشات الموائع fluids اصطلاح سوائل liquid ، بـــالمفهوم الميكانيكـــي المائع هو أي مادة تميل للتدفق أو يستمر تغير شكلها عندما تهاجم بقوة قص. كلا الغازات والسوائل موائع لها نفس السلوك الميكانيكي.

* **Relative motion الحركة النسبية**

حيـــث أن المائع وسط مؤهل للتدفق، علي أي حركة أي جسم خلاله يعـــتمد ليس فقط علي سرعة الجسم وإنما ايضاً علي سرعة المائع. بدراسة حالة الوقوف بحذاء الخوض في الماء في الجزء الضحل من النهر بوسط قوة التـــيار. إذا ظلوا ثابتين، يشعرون بقوة التيار ضد أرجلهم إذا ساروا في خط مستقيم لأعلي ضد التيار مقاومة التيار ضد أرجلهم تقوى إذا ساروا في خط مستقيم لأسفل التيار تقل قوة التيار المضادة وربما لا يشعرون بها.

عـــندما يـــتحرك الجسم خلال المائع، السرعة النسبية للجسم ترتبط بمقـــدار فعـــل تأثر قوي المائع إذا كان إتجاه الحركة عكس إتجاه قوي تدفق المـــائع، يتناســـب مقـــدار سرعة الجسم نسبياً مع المائع وهو جبرياً مجموع سرعة حركة الجسم والمائع شكل (١ – ١).



شكل (١-١)

السرعة النسبية لحركة الجسم مع ارتباطها بالمائع وهي تعادل حاصل طرح قيمة سرعة الريح من سرعة الجسم

إذا تحـــرك الجســـم فـــي نفس إتجاه المائع المحيط به، مقدار سرعة الجسد بالنسبة للمائع هي الفرق في سرعة الشئ والمائع. بمعنى آخر السرعة النسبية للجسم فيما يتعلق بارتباطها بأي مائع هي حاصل طرح سرعة المائع مـــن ســـرعة الجسم شكل (١-١). بالمثل السرعة النسبة للمائع فيما يتعلق بارتـــباطها بحركة الجسم خلاله هي حال طرح قيمة سرعة الجسم من قيمة المائع.

*** التدفق مقابل التدفق الدوامي Laminar versus turbulent flow**

عندما يتحرك أي شئ مثل الجسم أو اليد أو دفة القارب خلال الماء. ظهر اضطراب قليل حول وسط الماء إذا كانت القوة النسبية للشئ فيما يتعلق بارتباطها بالماء منخفضة. ومع ذلك إذا كانت السرعة النسبية للحركة خلال الماء ارتفاعها كاف تظهر أمواج إضافية عندما تحرك أي شئ بسرعة نسبية كافية الأرتفاع حول المائع، استقامة سطح المائع تقترب من السطح المختلط والتدفق يصطاح علي أنه دوامي كلما كان سطح الجسم أكثر كثافة كلما كانت الســـرعة النسبية أقل انخفاضا والتى عندها تحدث الدوامة. التدفق الإنسيابي laminar flwo والـــتدفق الدوامـــي Turbulent flow تصـــنيف واضح المعالم. إذا ظهرت أي دوامة لا يكن التدفق إنسيابي طبيعة تدفق المائع حول أي شئ يمكن أن يتأثر بمفاجأة قوي المائع علي الشئ.

مشكلة بسيطة (١):

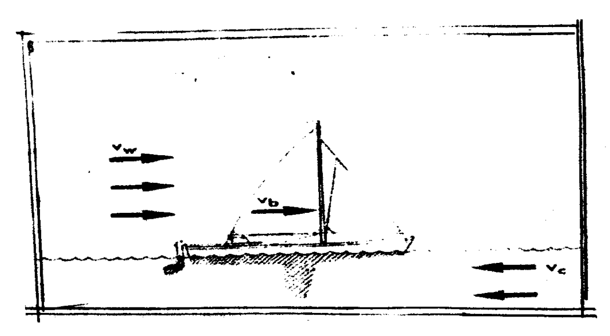
انتقل شراع المركب بسرعة مطلقة (٣م/ ث)، تيار سرعته (٠,٥ م/ ث) وبـــرياح خلفـــية (٦م/ ث). ماهـــي سرعة التيار فيما يتعلق بارتباطها بالقارب؟ وما هي سرعة الريح فيما يتعلق بارتباطها بالقارب؟

المعطيات:

Vb = سرعة القارب = ٣م /ث

Vc = سرعة التيار = ٠,٥ م/ث

Vw = سرعة الريح الخلفية = ٦ م/ ث



الحـــــل:

سرعة التيار فيما يتعلق بارتباطها بسرعة القارب تعادل ناتج طرح سرعة القارب من سرعة التيار:

$V_{c/b} = V_c - V_b$

$V_{c/b} = (0.5\ mls \leftarrow) - (3mls \rightarrow)$

$V_{c/b} = (3.5\ mls \leftarrow)$

سرعة التيار فيما يتعلق بارتباطها بالمركب هي (٣,٥م/ث)

في إتجاه عكس إتجاه هذا المركب

سـرعة الـريح فـيما يتعلق بارتباطها بالمركب تعادل قيمة طرح السرعة المطلقة للمركب من السرعة المطلقة للريح

$V_{w/b} = V_w - V_b$

$V_{w/b} = (6\ mls \leftarrow) - (3mls \rightarrow)$

$V_{w/b} = (3mls \leftarrow)$

سرعة الريح فيما يتعلق بارتباطها بالمركب هي (٣م/ ث)

في إتجاه إقلاع المركب

* خصائص المائع Fluid properties

العوامـــل الأخـــرى التى تؤثر في توليد قوى المائع هي كثافة المائع fluids ensity الـــوزن النوعي specific weight السرعة المتجهة velocity. تـــتحدد الكثافة بقسمة الكتلة علي الحجم mass/ volume ونسبة الوزن بالحجم تعـــرف بالوزن النوعي ويرمز لها بالرمزγ. كلما كانت قوي المائع المبذولة علـــي الجســـم أكـــبر أدت إلـــي سرعة المائع المناسبة وتؤدي إلي المقاومة الخارجـــية لـــتدفق المائع. القوة المبذولة لتدفق مائع لزوجته كبيرة أكبر من القـــوة المـــبذولة لتدفق في مائع لزوجته أقل، لزوجة العسل أكبر من لزوجة الماء.

حالـــة الضـــغط والحـــرارة تؤثر في كثافة المائع، الوزن النوعي، واللـــزوجة بتركيز كتلة أكبر في الوحدة المعطاة لحجم المائع عند ضغط جو أعلي ودرجة حرارة منخفضة.

بســـبب زيـــادة جزئ الغاز بالحرارة لزوجة الغاز أيضاً تزيد. تقل لـــزوجة الســـوائل liquids viscosity مع زيادة درجة الحرارة بسبب إقلال تماســـك القوى المحيطة بالجزئ. الكثافات، والأوزان النوعية، واللزوجات، للموائع العامة عرضت في جدول (١).

جدول (١)

الخصائص التقريبية للموائع العامة

المائع	الكثافة (كجم/ م^3)	الوزن النوعي (ن/م^3)	اللزوجة (ن ث/ م^2)
الجو air	١,٢٠	١١,٨	٠,٠٠٠٠١٨
الماء water	٩٩٨	٩,٧٩٠	٠,٠٠١٠
ماء البحر sea water	١,٠٢٦	١٠,٠٧٠	٠,٠٠١٤
الكحول الأمثلي elhylat cohol	٧٩٩	٧,٨٥٠	٠,٠٠١٢
الزئبق mercury	١٣,٥٥٠,٢٠	١٣٣,٠٠٠,٠	٠,٠٠١٥

* الطفو Buoyancy

خصائص قوة الطفو Characteristics of the buoyant force

الطفـــو هـــو قـــوة المائع التى دائماً تعمل عمودية لأعلي. العوامل المحـــددة لمقـــدار قوة الطفو شرح مصدرها عن طريق الرياضة الإغريقية التقلـــيدية لارشـــميدس وحسب قاعدة أرشميدس يتساوي حجم قوة الطفو مع الماء المزاح والعامل الأخير يحسب عن طرق ضرب الوزن النوعي للمائع فـــي حجـــم الجزء من الجسم الذي يحاط بالمائع، يحسب الطفو (F_b) كناتج لإزاحة الحجم (V_d) والوزن النوعي للمائع (γ).

$$F_b = V_d \gamma$$

مثـــال:

إذا غمرت كرة حجمها (٠,٢م٣) تماماً في ماء درجة حرارته (٢٠°) سعر، فعل قوة الطفو علي الكرة تعادل حجم الكرة مضروب بواسطة الوزن النوعي للماء عند (٢٠°) سعر.

$F_b = Vd\ \gamma$

$F_b = (0.2m^3)\ (9790N/m^3)$

$F_b = (1958$ N (Neten)

كلمـــا زاد تكثـــيف المـــائع المحيط كلما كان مقدار قوة الطفو أكبر، تعطـــي ماء البحر قوة طفو للفرد أكثر من الماء العادي لأن كثافتها أكبر من كـــثافة المـــاء العـــادي. بسبب ارتباط مقدار قوة الطفو مباشرة بحجم الجسم المغمـــور الـــنقطة التى عندها تعمل قوة الطفو لمركز الجسم هو النقطة التى حولها الجسم يتساوي توزيعه في جميع الإتجاهات.

* التعويم (الطفو) Flotation

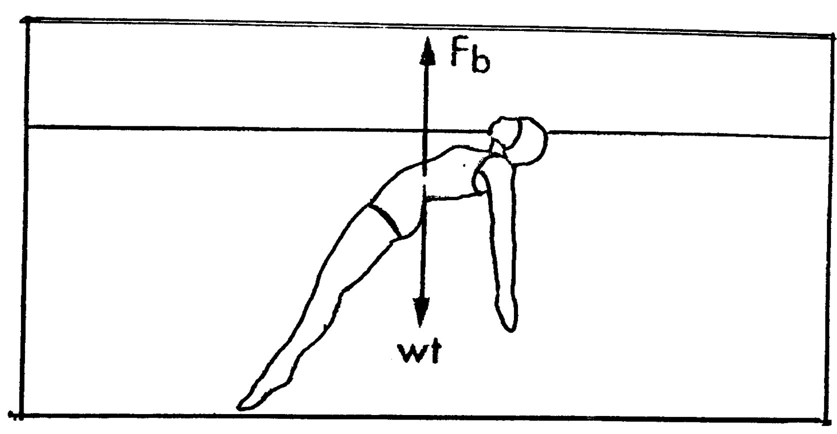
تعـــتمد قدرة الجسم علي العوم float في وسط مائع علي العلاقة بين الطفـــو ووزنـــه عندما يكون الوزن وقوة الطفو هما القوتان المؤثرتان علي

الجســـم وفعلهم متعادل يعوم الجسم في حالة عدم الحركة وفقاً لمبدأ الإتزان الاســـتاتيكي. إذا كان وزن الجسم أكبر من قوة الطفو، غطس الجسم يتحرك لأسفل في إتجاه القوة الصافية.

معظـــم عوم الأفراد الثابت في وضع غمر جزئ يحتاج حجم الشئ للعوم الحر إلي توليد قوة طفو تعادل وزن الشئ وهو الحجم المزاح.

* عوم جسم الإنسان **flotation of the human body**

الإهـــتمام بـــالطفو منتشر في معظم الدراسات البيوميكانيكية بالنسبة لتعويم جسم الإنسان في الماء. بعض الأفراد لا يمكنهم العوم في وضع عدم الحـــركة والبعض الآخر يعومون بجهد قليل. هذه الإختلافات في القدرة علي العوم دالة بالنسبة للكثافة، عندما تكون كثافة العظمة والعضلة أكبر من كثافة الدهـــن للأشـــخاص من النوع العضلي ويمتلكون قليل من الدهن ويمتلكون متوسط لياقة للجسم أكبر من الأشخاص الأقل عضلة، والأقل تكثيف عظم أو أكـــثر دهـــون للجسم. إذا كان شخصين لهما نفس حجم الجسم الفرد الأعلي كـــثافة أكـــثر وزنـــاً وبناء علي ذلك إذا كان شخص يمتلك حجم نفس وزن الشخص الذي يمتلك كثافة أكبر يمتلك حجم جسم أصغر. عند أداء العوم حجم الجســـم يجب أن يكون كبير بدرجة كبيرة بدرجة كافية لخلق قوة طفو كبيرة أكـــبر مـــن أو تعادل مع وزن الجسم شكل (٣-١). كثير من الأفراد يمكنهم العـــوم فقـــط عند ثبات حجم كبير من الهواء في الرئتين هذا التصرف يزيد حجم الجسم بدون تبديل في أوزان أجزاء الجسم.

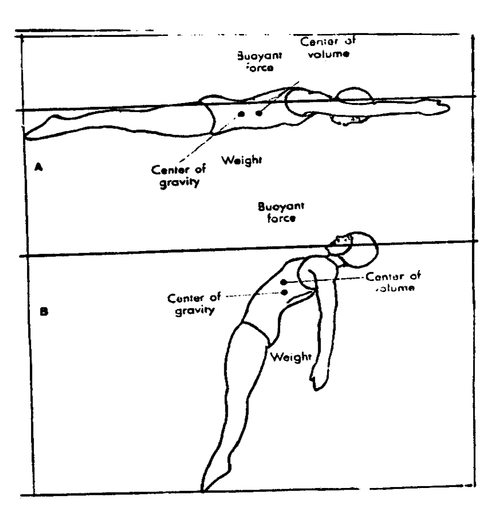


شكل (٣-١)

تعادل الوزن مع قوة الطفو

مصـــدر جسم الإنسان لعومه في الماء تحدد بواسطة الوضع النسبي لمركـــز ثقل كتلة الجسم بالنسبة لمركز الطفو الكلي للجسم، الوضع بالضبط لمركز ثقل الطفو يتنوع بالاتجاهات الانثروبوميترية وتركيب الجسم.

عموماً كون مركز الجاذبية أسفل مركز الطفو يؤدي إلي حجم كبير نســبياً ووزن صــغير نســبياً للرئتين لأن الوزن مؤثر عند مركز الجاذبية والطفــو مؤثـر عند مركز الطفو (الحجم)، يخلق العزم دوران الجسم حتى يصــل إلـــي الوضع الذي يكون قيمة فعل كلا القوتين عمودياً فوق بعضهما وفي هذه الحالة ينعدم العزم.



شكل (٤ - ١)

(A) خلق العزم علي السباح عن طريق وزن الجسم (يؤثر عند مركز الجاذبية) وقوة الطفو (تؤثر عند مركز الطفو) (B)

عندما مركز الجاذبية ومركز الطفو يكونان متعامدين

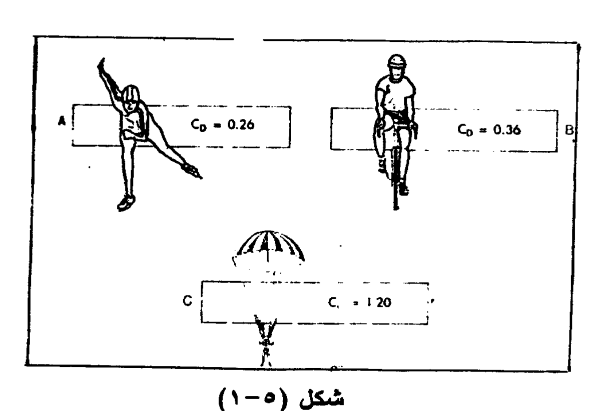
فوق بعض يتلاشي العزم في هذه الحالة .

عـــندما بـــدأ السباحين محاولة العوم علي الظهر الوضع النموذجي للجســـم هـــو الوضع الأفقي إذا استرخي السباح يغطس الطرف السفلي للجســـم نتـــيجة للعـــزم الحادث، تجريبياً المعلم يعلم السباحين المبتدئين لـــيأخذون الوضع المائل في الماء قبل الاسترخاء في العوم علي الظهر هـــذا الوضـــع قليل العزم المصاحب لغطس الطرف السفلي، استراتيجية أخرى أن السباح يمكنه استخدام تقليل العزم علي الجسم عند الدخول في

وضع العوم علي الظهر يشتمل علي مد الذراعين للخلف في الماء أعلي الرأس عند ثني الركبتين كلا الخططين ترفع موضع مركز الثقل ويلاقي تماماً مركز الطفو.

* **مقاومة المائع Drag**

مقاومة المائع هي قوة تحدث عن طرق التأثير الديناميكي للمائع الذي يؤثـــر في إتجاه التيار الانسيابي لتدفق المائع، عموماً مقاومة المائع هي قوة المقاومة– تبطئ قوة حركة الجسم خلال المائع.



شكل (٥-١)

معامل مقاومة الهواء تقريباً لجسم الإنسان A= المقاومة الأمامية لسرعة المتزحلق، B= المقاومة الأمامية لراكب الدراجة، C= المقاومة العمودية لسقوط رجل المظلات بعد فتح المظلة

فعـــل قـــوة مقاومـــة المـــائع علي أي جسم في حركة نسبية فيما يتعلق بارتباطها بالمائع تتحدد عن طريق المعادلة التالية:

$$F_d = 1/2\ C_D\ ApV^2$$

حيث أن F_D= قوة المقاومة، C_D = معامل مقاومة المائع، P = كثافة المـــائع، A_P= مساحة الجسم المقذوف أو مساحة الوجه المقابل لتدفق المائع، V= الســـرعة النســـبية للجســـم فيما يتعلق بارتباطها بالمائع. معامل مقاومة المـــائع هـــو الرقم الذي يخدم كدليل لكمية مقاومة المائع للفرد ويمكن توليده ويعتمد حجمه علي شكل وأصل نسبة الجسم لتدفق المائع، مع طول وانسيابية خطوط الأجسام وعموماً تمتلك الأجسام المنتظمة معاملات منخفضة لمقاومة المـــائع عـــن الأشـــكال غير المنتظمة للأفراد. تقريباً معامل مقاومة المائع لأوضاع جسم الإنسان عامة المأخوذة خلال الاشتراك في الرياضات المختلفة عرضت في الشكل (٥-١).

المعادلـــة من أجل قوة مقاومة المائع الكلية تعرض الطريقة بالضبط التى فيها كل العوامل المحددة لتأثير مقاومة المائع، إذا معامل مقاومة المائع وكـــثافة المـــائع ومنطقة قذف الجسم تبقي ثابتة تزيد مقاومة المائع مع مربع السرعة النسبية للحركة هذه العلاقة تشير إلي قانون نظرية التربيع ووفقاً لهذا القانون إذا راكب الدراجة ضاعف سرعته تظل العوامل الأخري ثابتة وعلي العكـــس قوة المقاومة تتضاعف زيادتها. تأثير المقاومة بناء علي ذلك عندما يتحرك الجسم بسرعة عالية التى تؤدي في الرياضات مثل سباق الدراجات، سرعة التزحلق والوثب علي الجلد، الذلاقة bobsled الشراع الرباعي luge.

نتـــيجة زيـــادة أو إقلال كثافة المائع أيضاً تتغير النسبة في قوة المقاومة بسبب إقلال كثافة الهواء مع زيادة الارتفاع، كثير من مجموعات التسجيلات العالمـــية فـــي الألعـــاب الأوليمبية عام (١٩٦٨م) في المكسيك التى ترتفع (٢٢٥٠ مـــتر) ربمـــا تمتلك ارتباك جزئ لإقلال تأثير مقاومة الهواء علي المتســـابقين، الـــنموذج الرياضي أسس علي التقديرات التى تشير إلي تقليل

الإرتـــباك في المقاومة لأقل كثافة هواء في مدينة المكسيك بحساب (٠,٠٨) ثانية لأداء (١٠٠) متر عدوة (٠,١٦) ثانية في زمن سباق (٢٠٠) متر.

*** قوة الرفع lift force**

بيـــنما تؤثـــر قـــوة مقاومة المائع في إتجاه التيار الإنسيابي المتدفق للمـــائع، قـــوة أخرى تعرف كرفع، تتولد عمودية علي المائع المتدفق. أيضاً تقـــرر أسم رفع لتلك القوة المتجهة عمودياً لاعلي، وهي ربما تأخذ أي إتجاه كالمحدد عن طريق إتجاه المائع المتدفق وتوجيه الجسم.

العوامـــل المؤثـــرة علي مقدار الرفع أسست علي نفس العوامل التى تؤثر علي مقدار مقاومة المائع:

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \, A p V^2$$

حيث أن F_L= قوة الرفع، C_L= معامل الرفع، P = كثافة المائع، A_p = مساحة السطح المواجه لتوليد الرفع، V= السرعة النسبية للجسم فيما يتعلق بالمائع.

العوامل المؤثرة علي مقدار قوى المائع لخصت في جدول (٢)

جدول (٢)

العوامل المؤثرة علي مقدار قوى المائع

القـــوة	العوامـــل
قوة الطفو bouyant force	الـــوزن النوعـــي لحجم المائع، حجم المائع المزاح
احتكاك الجلد skin friction	الســـرعة النســـبية، كمـــية مســـاحة السطح المعـــرض للـــتدفق، خشـــونة سطح الجسم، لزوجة المائع
أشكال المقاومة forn drag	الســـرعة النســـبية للمائع، فروق الضغط بين

	مقدمـــة ومؤخرة طرف الجسم، كمية مساحة السطح العمودي علي التدفق
مقاومة الموجه wave drag	السرعة النسبية للموجه، كمية مساحة السطح العمودي علي الموجه، لزوجة المائع
قوة الرفع lift force	الســـرعة النسبية للمائع، كثافة المائع، حجم، شكل، وإتجاه الجسم

تأثر برنوللي The bernoulli effect

يصـــاحب الضـــغط زيـــادة أكـــبر فـــي سرعة السائل، وبمعنى أن الانخفـــاض في الضغط صاحبه زيادة في سرعة السائل وعرف ذلك في علم ميكانيكا الموائع بتأثير برنوللي وهو الذي يفسر كثيرا من الأمور الهامة التى تحـــدث للســـوائل الجارية، وأحد نتائجها المباشرة هي الظاهرة التى تعرف أحياناً بتأثير ماجنوس.

تأثير ماجنوس Magnuse effect

يمكنـــنا مشاهدة الظاهرة بوضوح في الكرات التى تتحرك في الهواء وهـــي تدور فمثلاً في حالة ضرب كرة الجولف من أسفل مركز ثقلها فإنها تـــأخذ مساراً في الهواء ولكنها سوف تدور أثناء ذلك المسار وسوف يتسبب ذلك في إيجـ قوة تؤثر عليها إلي أعلي وتعمل علي بقائها في الهواء وبذلك يطول مسارها.

وجدير بالذكر أن مقاومة الهواء والماء للاجسام تؤدي إلي إعاقة سير الحـــركة فكما يتعرض المرء لمقاومة الماء أثناء السباحة بأنواعها والتجديف وســـباحة اليخوت.. إلخ فإن المرء يتعرض أيضاً لمقاومة الهواء أثناء القفز علـــي الجلـــيد في البلاد الباردة وأثناء القفز بالمظلات كما تتعرض الأدوات التى يستخدمها في أنشطته الرياضية لمثل هذه المقاومة مثل القرص والرمح

والجلة في ألعاب القوى وكرة القدم والتنس والجولف والريشة الطائرة... إلخ في رياضيات أخرى.

*** تكنيك السباحة Swimming technique**

القوة المحركة في السباحة:

يـتحرك الجسـم فـي الماء بواسطة حركات الشد والدفع بالذراعين وأيضـاً حـركات الرجليـن والجسم يتحرك في إتجاه عكس القوة المبذولة والحـركة للخلـف تحرك الجسم للأمام والحركة لأسفل تدفع الجسم لأعلي، وأيضـاً فـإن الحركة للجهة التى تحرك الجسم للناحية اليسري تحركه يميناً وبـالعكس وهذا الوضع تطبيقاً لقانون نيوتن الثالث للحركة لكل فعل رد فعل مسـاوي له فـي المقدار ومضاد في الإتجاه. وكلما نقصت المقاومة الواقعة علـي الجسـم في إتجاه حركته أدي ذلك لزيادة سرعته وايضاً فإن المقاومة الواقعة علي الجسم تزداد بزيادة مربع السرعة كما سبق القول.

لذلك نلاحظ أن الحركات التى تؤدي وتعمل القوة فيها في نفس إتجاه حـركة السباح تكون بمثابة عامل من عوامل الإعاقة لتقدمه وإذا أديت هذه الحـركات بـبطء تـؤدي إلي إنخفاض المقاومة والقوة التى تعمل علي تقدم السـباح يجب أن تؤدي بقوة وبسرعة حركات اليدين والقدمين الإيجابية هي المسـئولة عـن حركة الجسم ذلك لأن هذه الأجزاء نهايات روافع الطرفين العلوي والسفلي ولكن يمكننا الاستفادة من قدرتهما.

يجـب أن تؤخـذ الزوايا المناسبة لأداء أقصي دفع ضد الماء ولهذا يجـب أن تكون وضع اليدين قابلاً للتغير خلال حركة الذراعين حتى تتمكن راحـة اليد من شد ودفع الماء للخلف مباشرة باستمرار. ولقد أوضع الباحث كريـتون أن وضع القدمين يجب أن يكون بحيث يتمكن من دفع الماء للخلف

في حركة لأسفل ولأعلي عند الدفع باليدين والقدمين يكون ذراع المقاومة هو كل الطرف بالنسبة لمحور الكتف أو الفخذ.

بالإضافة إلي أن الجزء النهائي من القدم يعد رافعة قصيرة في حالة عمل مفصل القدم بسبب إمكانية وضع اليدين في شكل يسمح بدفعهما للخلف بطريقة مباشرة مما يؤدي إلي رفع الجسم باليدين أكثر من القدمين.

وعند تحليل كريوفيتش للقوي الدافعة للجسم في سباحة الزحف وجد أن السباحين الممتازين يحصلون علي (٧٠%) من حركتهم بواسطة الذراعين، و(٣٠%) بواسطة الرجلين. كما أن السباحين ذوي المستوي المنخفض يحصلون علي (٧٧%) من حركتهم للامام بواسطة حركات الذراعين.

والسباحة بصورة عامة عن طرق حركات الذراعين والرجلين هي عبارة عن تحريك الجسم من حالة السكون فإن ذلك يتطلب بذل قوة كبيرة لاستمرار حركة تقدم الجسم بسبب القصور الذاتي ولذلك يجب أن تؤدي الضربات المختلفة والتى تعمل علي تقدم الجسم سواء كانت الذراعين أو الرجلين. أن تعمل بتوقيت سليم ولذلك يجب أن نعرف أن أداء ضربات الذراعين باستمرار دون وجود فترة بين كل ذراع والآخر تساعد السباح للحصول علي الاسترخاء المطلوب يبين كل حركة وأخري أي من الشد والإسترخاء حيث أن لكل حركة من حركات الذراعين مسافة أمامية فلو استغل السباح لحظة إنتهاء هذه المسافة وقام بعمل الحركة الأخرى لاستطاع أن يكتسب مسافة بالإضافة إلي القدرة علي الإسترخاء الذي يجعل السباح قادراً علي مواصلة السباحة.

ميكانيكا البدء start mechanical

يقصد بالبدء أنه انتقال الجسم من حالة الثبات لحالة الحركة علي ان كون إنتقال الجسم لأكبر مسافة ممكنة للأمام في أقل زمن ممكن.

يشتمل البدء علي الأقسام التالية:

١- وضع الاستعداد: وفي هذا الوضع يكون الثقل واقعاً عمودياً علي مركز القـــاعدة الـــتى تتكون من القدمين والمسافة المحصورة بينهما فهذه المسافة ليســـت محددة ولكنها تتناسب مع اتساع الحوض بالإضافة إلي ثني الركبتين لخفض مركز الثقل حتى يستطيع السباح عمل الدفع للأمام.

٢- الإنطلاق: للإنطلاق عاملين أساسين هما:

أ – زاوية الإنطلاق ب- سرعة الإنطلاق

أ – زاوية الإنطلاق:

تتناسب هذه الزاوية مع الغرض المراد تحقيقه هل إنطلاق للأمام أو لأعلي عموماً فإن أفضل زاوية للإنطلاق (٤٠°) تقرباً ليستطيع السباح قطع مسافة أفقية كبيرة نسبياً ويجب ملاحظة أن الجاذبية الأرضية دائماً تعمل علي سحب السباح لأسفل وحيث أن الجزء العلوي للجسم يكون في أقصي درجات الميل الأمامي فسوف تعمل الجاذبية علي شدة مع ملاحظة أن القدمين مازالت مرتكــزة علي مكعبات البدء ولذلك تنتج كمية حركة دورانية للجزء العلوي من جسم السباح ولذلك يجب أن يتغلب السباح علي هذا الوضع حتى لا يسقط بـــزاوية أقرب ما تكون للقائمة مما يؤدي إلي فقده للمسافة الأفقية وذلك عن طريق سرعة الإنطلاق.

ب- سرعة الإنطلاق:

وهـــي الســـرعة التى ينطلق بها السباح تاركاً مكعبات البدء في أقل زمـــن ممكـــن لاكتساب مسافة أفقية وللتغلب علي الوضع السابق الناتج من

القصور الذاتي لجسم السباح والذي يكون في وضع إتزان قلق. وعليه كانت كمـية الدفـع التى يجب أن ينطلق بها عمودية خلف مركز ثقل الجسم علي الخـط الواصـل بينه وبين نقطة الارتكاز والتى يمكن تحديدها عن طريق محصـلة المركـبة الرأسية الناتجة عن دفع الرجلين لأسفل عن نقطة البدء وكذلـك المركـبة الأفقـية الناتجة عن ميل الجم للأمام ومرجحة الذراعين والمـرحلة النهائية لعملية الدفع والتى تم فيها الدفع بمشطي القدمين وللخلف. ولمـرجحة الذراعيـن للأمام أهمية في إنتاج كمية حركة ذات مركبة أفقية للأمام والتي تنتقل إلي الجسم لحظة توقف هذه المرجحة.

جـ- الإنطلاق:

أقل الأوضاع مقاومة للهواء هو الوضع الأفقي نتيجة لصغر المساحة الـتى تكون معرضة لمقاومة الهواء وعليه يراعي عدم حدوث إنثناءات في الجسم وزواياه.

د - الدخول في الماء:

يجـب أن يكـون الجسم مستقيماً ومتماسكاً في مستوي أفقي تقريباً بـزاوية (١٠° إلـي ٢٠°) عـند الدخول في الماء حتى تكون مقاومة الماء للجسـم قليلة أثناء الاصطدام بالماء لحظة الدخول وذلك ناتج من أن السطح المعـرض مـن الجسم للاصطدام سوف يكون صغيراً والذراعين في لحظة الدخول إلي الماء تقود الجسم ولذلك يجب عدم تحريكهما حتى لا يجد السباح نفسه في إتجاه غير مرغوب فيه.